LIBRARY
CANADA AGRICULTURE
OTTAWA, CANADA

LA PRODUCTION DE MÉTHANE À PARTIR DE DÉCHETS ANIMAUX

PUBLICATION 1528 1974

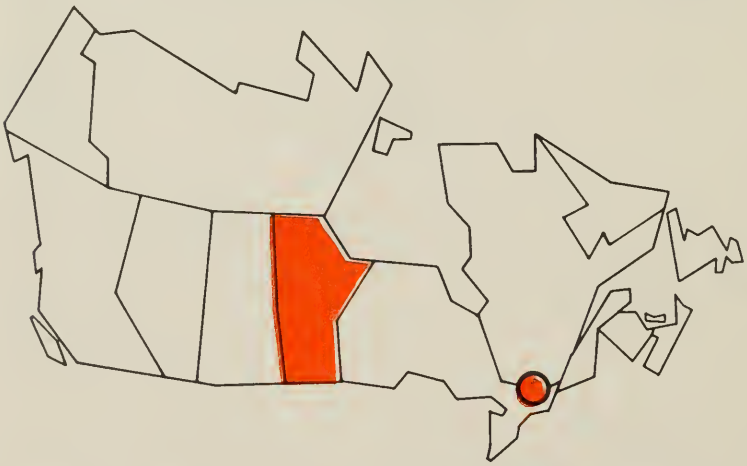
Agriculture Canada

630.4
C212
P.1528 c.3

On peut obtenir des exemplaires de cette publication à la
DIVISION DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

INFORMATION CANADA, OTTAWA, 1974

PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



CANADA/MANITOBA

LA PRODUCTION DE MÉTHANE À PARTIR DE DÉCHETS ANIMAUX

Cette publication a été préparée par le département du Génie rural de l'université du Manitoba. Le ministère de l'Agriculture du Canada a accepté de la publier conformément aux dispositions du Comité de coordination des publications agricoles sur le plan fédéral-provincial et régional.

INTRODUCTION

Au Canada, comme source supplémentaire d'énergie on s'intéresse de plus en plus à la production du méthane à partir de déchets animaux. A la suite de la Seconde Guerre mondiale, des digesteurs de fumiers et de rebus des récoltes ont été fabriqués en Europe, en Asie et en Afrique afin de fournir du gaz méthane comme source énergétique à la ferme. Dans notre pays depuis quelque temps, ces expériences ont attiré l'attention sur l'emploi des digesteurs à fumier mais des installations commerciales ne sont pas encore disponibles pour la ferme.

Le Guide canadien pour l'usage des déchets d'origine animale reconnaît que bien qu'il y ait des avantages à employer des digesteurs à fumier pour la production d'un sous-produit de l'élevage et la production d'un carburant gazeux il y a des conditions limitatives à examiner sérieusement. Parmi celles-ci, notons les fortes retenues en capital pour la construction des installations appropriées, les installations pour l'entreposage et la distribution du gaz, le soin constant et les mesures de sécurité pour éviter les explosions et l'alimentation journalière du digesteur en fumier dilué. Une surveillance constante est essentielle et des mesures de remise en route sont de rigueur lorsque le procédé s'arrête ce qui peut être fréquent vu l'extrême sensibilité du processus aux variations de température extérieure et au pH du fumier. De plus, même avec l'emploi du digesteur, de grandes quantités de purin doivent être entreposées et étendues sur les champs ce qui demande des installations de stockage convenables.

En raison de ces facteurs limitatifs et du fait que les digesteurs à fumier n'ont pas été conçus ou seulement testés pour notre climat froid, ni évalués pour leur valeur économique, la production du méthane à partir du fumier reste à prouver comme source énergétique assurée. Afin d'en connaître le potentiel au Canada, on a entrepris des études à l'université du Manitoba, il y a quelques années. La présente publication trace les grandes lignes des processus, problèmes et progrès faits jusqu'à présent.

LA PRODUCTION DE MÉTHANE À PARTIR DE DÉCHETS ANIMAUX

H.M. LAPP
D.D. SCHULTE
L.C. BUCHANAN
Département du Génie rural,
Université du Manitoba

Le principe fondamental tient au fait que les déchets animaux contiennent de grandes quantités de matière organique qui, après dégradation biologique en l'absence d'oxygène (décomposition anaérobique), produisent d'importantes quan-

tités de méthane. L'action des bactéries résulte d'une forme de biodégradation connue sous le nom de décomposition anaérobique. Le méthane est produit à partir de déchets organiques par une série complexe de réactions provoquées par un groupe de différentes espèces de bactéries. Ces bactéries sont abondantes dans la nature, surtout là où il y a beaucoup de matière organique en décomposition, comme le fumier animal. Dans un milieu favorable, elles peuvent devenir très actives en moins de quelques semaines.

De nombreux agriculteurs utilisent des fosses à lisier et des fumières pour stocker de grandes quantités de déchets animaux. Vu que ces réservoirs sont généralement à ciel ouvert, non chauffés et que le fumier n'est pas bien mélangé, ils ne conviennent pas à une production efficace de méthane à grande échelle. D'autre part, la digestion anaérobique en réservoirs hermétiques ou digesteurs, sans perte excessive de chaleur, est un procédé reconnu de production de méthane. Cependant, dans nos conditions climatiques, la possibilité de cette production à partir de déchets animaux n'est pas encore démontrée. De fait, peu de digesteurs anaérobiques de déchets animaux ont été installés sur une base économique en Amérique du Nord. Dans les climats chauds, ils ont été utilisés avec succès.

Les fumiers de vache, de volaille et de porc sont tous des producteurs possibles de méthane selon la quantité disponible et la mise au point d'un système approprié de digestion anaérobique à la ferme, pour le climat canadien. Prenons l'exemple de la production potentielle de gaz à partir du fumier de porc (voir exemple page 5).

Contrairement au propane, le méthane ne se liquéfie pas à basse pression et à la température ambiante. Par conséquent, sa popularité comme gaz de cuisine et de chauffage, ou comme source d'énergie pour les tracteurs, les camions et les voitures dépendra de l'aptitude de l'ingénieur à concevoir des méthodes sûres et économiques de stockage.

EMPLOI

Plusieurs conditions ambiantes sont nécessaires à l'exploitation efficace d'un digesteur anaérobique.

Température Le taux d'activité biologique dans les digesteurs anaérobiques va en augmentant de 32° à 140°F (0°–60°C). Cependant, la production du méthane est grandement réduite aux limites supérieure et inférieure de cette échelle de température, le maximum de production se situant entre 90° et 95°F (32–35°C). Par conséquent, la chaleur externe, ou l'utilisation d'une partie du méthane produit, peut être nécessaire pour entretenir le fonctionnement du système. La quantité de chaleur ou de gaz nécessaire pour chauffer le digesteur n'a pas encore été déterminée dans nos conditions climatiques. Dès qu'une température suffisante de fonctionnement est atteinte, il est important de la maintenir la plus constante possible. Des variations supérieures à ± 2°F (±1°C) peuvent perturber les bactéries productrices de méthane.

Taux de chargement La teneur en matière solide des déchets animaux varie considérablement. Par conséquent, on doit soigneusement tenir compte du genre de déchets avant d'installer un digesteur anaérobique. Il faut aussi déterminer le rythme de chargement en fonction de la température de fonctionnement. Les taux de chargement sont généralement exprimés en lb de solides volatiles par pi^3 de

volume de digesteur par jour. Les solides volatiles sont une mesure indirecte de la teneur en matière organique biodégradable des déchets. Au Manitoba, le fumier de porc a été complètement digéré au taux de chargement de 0.1 à 0.2 lb de solides volatiles par pi^3 par jour, à 95°F (1,6 à 3,2 g/litre/ jour à 35°C).

Brassage On peut obtenir un taux plus élevé de biodégradation en brassant continuellement le contenu du digesteur. Le brassage empêche la formation d'une mousse indésirable à la surface du liquide et permet aux bactéries d'entrer plus directement en contact avec la matière organique. Le brassage assure une température plus constante à l'intérieur du digesteur.

Période de séjour Dans un digesteur anaérobique, les microorganismes doivent avoir suffisamment de temps pour effectuer les réactions nécessaires. Il faut de 10 à 30 jours selon les conditions ambiantes du digesteur. On peut réaliser ces conditions par un choix approprié de la capacité et du taux de chargement du digesteur.

Ensemencement Même si les bactéries productrices de méthane se trouvent dans la nature, elles peuvent prendre plusieurs semaines pour se multiplier et former une population importante et efficace. L'ensemencement d'un digesteur anaérobique avec des boues provenant d'un digesteur en activité peut réduire considérablement la durée de cette période initiale. Certaines usines municipales d'épuration des eaux usées utilisent des digesteurs anaérobiques dont on peut obtenir des boues. Quelques gallons ou quelques centaines de gallons suffiront selon les dimensions du digesteur.

Alcalinité Par suite de la succession des réactions biologiques en milieu anaérobique, des acides organiques peuvent s'accumuler. Si l'alcalinité est trop basse, ces acides pourront empêcher les bactéries productrices de méthane de continuer leur activité. Au besoin, l'addition de chaux rétablira le pH du digesteur.

Substances nutritives Les substances nutritives sont fortement concentrées dans les déchets animaux. Généralement, la concentration est suffisante pour assurer une bonne activité biologique. Occasionnellement, la concentration de gaz ammoniac peut devenir assez élevée pour être toxique aux bactéries anaérobiques. C'est le cas du fumier de volaille.

Captage et stockage du gaz Un digesteur anaérobique efficace peut produire un gaz contenant environ 70% de méthane et 30% de bioxyde de carbone. L'utilisation efficace du méthane provenant de la réaction anaérobique dépend de l'aptitude à éliminer le CO_2 du mélange et à stocker le méthane pour utilisation future. Il reste beaucoup à faire pour élaborer des méthodes sûres et efficaces de captage et de stockage applicables aux systèmes modernes d'exploitation agricole au Canada.

EXEMPLE D'UTILISATION

L'exemple suivant s'appuie sur les travaux effectués à l'université du Manitoba.

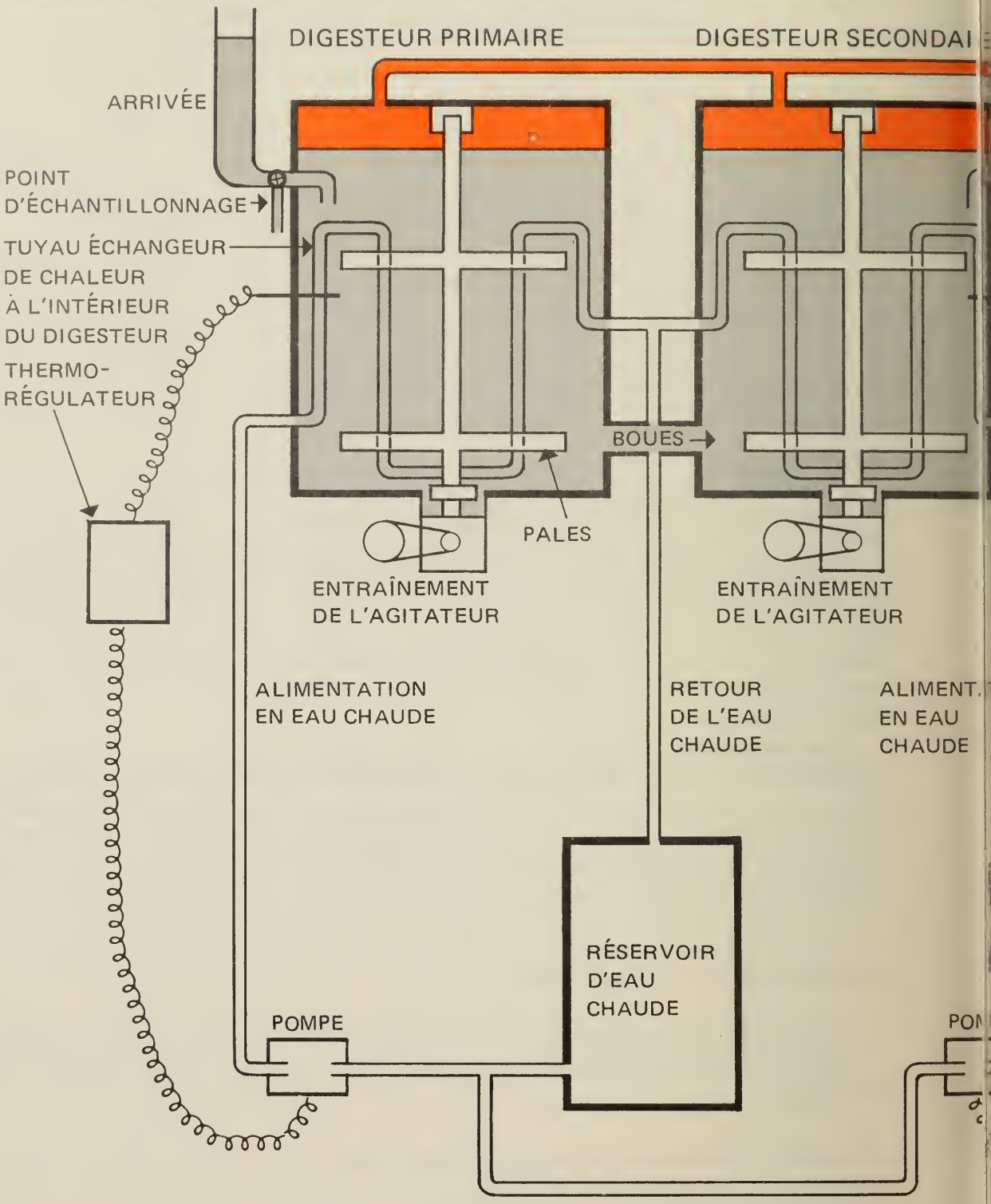
Production possible de gaz par digestion anaérobique du fumier provenant de 1000 porcs.

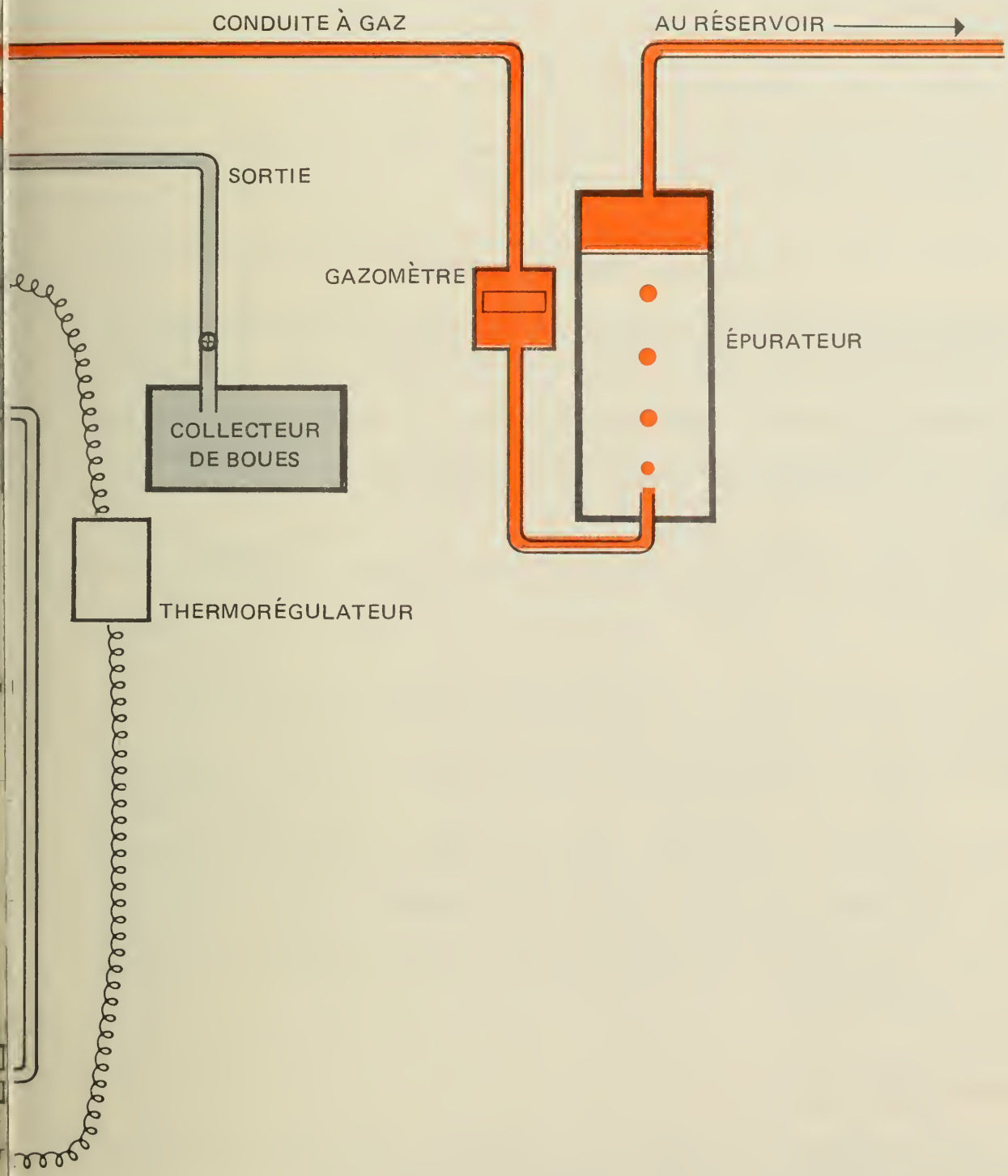
Hypothèse: Poids moyen par porc = 100 lb (45 kg)

Capacité du digesteur:

Production de fumier	7 lb/jour/porc (3,2 kg/jour/porc)
Solides volatiles (14%, base de matière fraîche)	0.98 lb/jour/porc (445 g/jour/porc)

MODÈLE D'IMPLANTATION D'UN DIGESTEUR DE DÉCHETS ANIMAU




CONDUITE À GAZ
AU RÉSERVOIR
SORTIE
GAZOMÈTRE
ÉPURATEUR
COLLECTEUR DE BOUES
THERMORÉGULATEUR

Production totale de solides volatiles	980 lb/jour/1000 porcs (445 kg/jour/1000 porcs)
Taux de chargement	0.15 lb/pi^3/jour (2,4 g/litre/jour)

Par conséquent, la capacité du digesteur est de 980/0.15 = 6533 pi^3 (185 416 litres)

Production de gaz: Peut varier de 4 à 10 pi^3/porc (115 à 280 litres/porc)
[utiliser 7 pi^3/porc/jour (200 litres/jour/porc)]
Supposer 65% de méthane.

Par conséquent, le taux de production de méthane est 0,65 X 7 X 1000 = 4500 pi^3/jour (65% X 200 X 1000 = 130 000 litres par jour)

Valeur calorifique: La valeur calorifique de 1 pi^3 de méthane pur à la pression atmosphérique = 1000 Btu (1055 kJ).

Par conséquent, la valeur calorifique du méthane provenant d'une exploitation de 1000 porcs pourrait être 4550 X 1000 = 4 550 000 Btu/jour (4 800 250 kJ/jour).

Comparer ce chiffre avec l'huile à chauffage qui a une valeur calorifique de 19 134 Btu/lb (44 500 kJ/kg) et pèse 9.041 lb/gallon (900 g/litre). Par conséquent, la production quotidienne de chaleur d'une exploitation de 1000 porcs serait équivalente à:

$$\frac{4\,550\,000}{19\,134 \times 9.041} = 26.32 \text{ gallons impériaux d'huile à chauffage} \left[\frac{4\,800\,250}{44\,500 \times 0{,}9} = 120 \text{ litres}\right]$$

Cependant en réalité ceci peut être semblable à 7 à 10 gallons (32 à 45 litres).

NOTE: On ne peut pas compter que toute cette énergie soit disponible pour usage externe, car une partie sert à maintenir une température favorable à une bonne activité bactérienne dans le digesteur. Dans un digesteur pilote, à l'université du Manitoba, l'objectif a consisté à maintenir une température de 95°F (35°C) pour les bactéries productrices de méthane. Bien qu'on ne connaisse pas la quantité de chaleur nécessaire à cette fin dans nos conditions climatiques elle peut atteindre plus de 50% du total. L'énergie nécessaire pour les pompes et les brasseurs réduit le potentiel de production.

PROBLÈMES À L'ÉTUDE

Les autres problèmes associés à la production de méthane à partir d'une digestion anaérobique et étudiés à l'université du Manitoba, sont:

1. La mise au point d'une méthode satisfaisante d'élimination du bioxyde de carbone du gaz, pour améliorer sa valeur calorifique par volume unitaire.
2. Le stockage du méthane. Contrairement au propane, le méthane ne se liquéfie

pas à basse pression et à température ambiante. La pression critique pour la production d'un liquide est de 659 lb/po^2 (4545 kPa), à une température de -115°F (-81°C). Il semble qu'un stockage pratique serait sous forme gazeuse et à une pression relativement basse.

3. Le méthane est un gaz asphyxiant, combustible et explosif lorsqu'il est mélangé à l'air. Par conséquent, il est nécessaire de prendre des précautions spéciales de sécurité.
4. Les frais d'installation. Nos études n'en sont pas encore au point où nous pouvons offrir des modèles de systèmes et des estimations de coût pour des installations à la ferme. La plupart des estimations de frais d'installation actuellement disponibles proviennent de climats plus chauds et ne sont pas applicables au Canada.

EXPÉRIENCES PILOTES DE DIGESTION

Un système pilote de digestion a été installé en 1973 à la Station de recherches de Glenlea, située à 13 milles (20 km) au sud de Winnipeg (Manitoba). Voir le schéma de cette installation. Bien que cette installation comprenne un digesteur primaire et un secondaire, des systèmes de digestion à une seule phase peuvent s'avérer réalisables.

Les digesteurs pilotes primaires et secondaires sont des fosses septiques en fibre de verre, de 8 pi de diamètre et 10 pi de hauteur (2,44 X 3,05 m), munies d'agitateurs mécaniques et de serpentins à eau chaude internes. Le volume total des boues du digesteur a été maintenu à 200 pi^3 (5660 m^3 ou 5660 litres).

L'eau chaude d'un réservoir à contrôle thermostatique est pompée dans les serpentins de chauffage des fosses septiques. Le débit est contrôlé par un thermorégulateur réglable sur la source de courant à la pompe, de façon à conserver une température de 95°F (35°C) dans le digesteur.

La production de gaz des deux digesteurs est mesurée par un compteur par voie humide et le gaz barbotte ensuite dans une colonne d'eau de chaux pour éliminer le bioxyde de carbone. Le méthane est stocké dans un réservoir renversé au-dessus d'un plan d'eau.

Les digesteurs ont été ensemencés de boues partiellement digérées provenant de la principale usine d'épuration des eaux usées de Winnipeg-Nord. Les boues étaient maintenues à une température de 95°F (35°C) et continuellement brassées par des agitateurs mécaniques. L'alimentation quotidienne des digesteurs avec du fumier brut de proc a commencé 4 jours après l'ensemencement. Au début, on chargeait les digesteurs à un taux de 0.015 lb de solides volatiles/pi^3/jour pour une durée de 40 jours (0,24 g/litre/jour). On augmentait lentement ce taux jusqu'à 0.10 lb de solides volatiles/pi^3/jour (1,6 g/litre/jour) pour une durée de 20 jours, pendant une période de 30 jours. A ce taux, le digesteur n'a montré aucun signe de défaillance et, de toute évidence, n'avait pas encore atteint son taux de chargement maximal.

Les digesteurs étaient alimentés quotidiennement d'un mélange d'eau et de fumier dans les proportions nécessaires pour obtenir le taux de chargement et les séjours désirés. Une quantité égale de fumier digéré était enlevée du digesteur secondaire avant chaque nouveau chargement.

On a mesuré le pH, les acides volatiles et la composition du gaz tous les 2 jours. L'analyse du gaz a montré une teneur en méthane d'environ 60 à 69%. Le rythme

de production a été moins élevé que prévu et n'a pas atteint les 7 pi^3/jour/porc (200 litres/jour/porc) obtenus dans les études antérieures en laboratoire.

Le fumier digéré était un liquide coulant noir, sans odeur nauséabonde. Lorsqu'on a placé deux béchers ouverts sur une table, l'un contenant du fumier brut, l'autre du fumier digéré, les mouches n'approchaient pas du fumier digéré, mais couvraient le bécher de fumier brut. Ce phénomène montre que le procédé de digestion avait stabilisé la matière organique contenue dans le fumier brut. La teneur du fumier en gaz ammoniac s'est accrue d'environ 50% par la digestion, rendant sa teneur en azote plus directement assimilable pour la croissance des plantes, s'il était utilisé comme engrais.

Les études d'exploitation en usine pilote se poursuivent à l'université du Manitoba pour déterminer la possibilité technique et économique de production du méthane par la digestion anaérobique de déchets animaux, dans nos conditions climatiques.

TABLE DE CONVERSION

LONGUEUR

pouce	=	2,54 cm	millimètre	=	0.039 po
pied	=	0,3048 m	centimètre	=	0.394 po
verge	=	0,914 m	décimètre	=	3.937 po
mille	=	1,609 km	mètre	=	3.28 pi
			kilomètre	=	0.621 mille

SURFACE

po carré	=	6,452 cm^2	cm^2	=	0.155 po carré
pi carré	=	0,093 m^2	m^2	=	1.196 verge carrée
v carrée	=	0,836 m^2	km^2	=	0.386 mille carré
mille carré	=	2,59 km^2	ha	=	2.471 acres
acre	=	0,405 ha			

VOLUME

pouce cube	=	16,387 cm^3	cm^3	=	0.061 po cube
pied cube	=	0,028 m^3	m^3	=	31.338 pi cubes
verge cube	=	0,765 m^3	hectolitre	=	2.8 boisseaux
boisseau	=	36,368 litres	m^3	=	1.308 verge cube
pied planche	=	0,0024 m^3			

CAPACITÉ

once liquide	=	28,412 ml	litre	=	35.2 onces liquides
chopine	=	0,568 litre	hectolitre	=	22 gallons
gallon	=	4,546 litres			

POIDS

once	=	28,349 g	gramme	=	0.035 once avdp
livre	=	453,592 g	kilogramme	=	2,205 lb avdp
quintal	=	45,359 kg	tonne	=	1.102 tonne courte
tonne	=	0,907 tonne (métrique)			

PROPORTION

1 gal/acre	=	11,232 litres/ha	1 litre/ha	=	14.24 on liquides/acre
1 lb/acre	=	1,120 kg/ha	1 kg/ha	=	14.5 on avdp/acre
1 lb/po carré	=	0,0702 kg/cm^2	1 kg/cm^2	=	14.227 lb/po carré
1 boi/acre	=	0,898 hl/ha	1 hl/ha	=	1.112 boi/acre

INFORMATION
Edifice Sir John Carling Building
930 Carling Avenue
Ottawa, Ontario
K1A 0C7

Canada Post Postage paid
Postes Canada Port payé

Third class
Troisième classe

K1A 0C5
Ottawa

IF UNDELIVERED, RETURN TO SENDER

EN CAS DE NON-LIVRAISON, RETOURNER À L'EXPÉDITEUR